

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
29. April 2004 (29.04.2004)

PCT

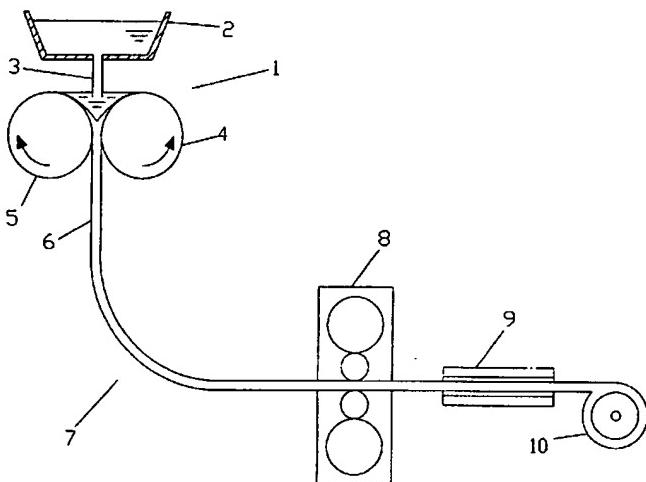
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/035247 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B22D 11/06,
11/16
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/011007
- (22) Internationales Anmeldedatum:
6. Oktober 2003 (06.10.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
A1561/2002 15. Oktober 2002 (15.10.2002) AT
- (71) Anmelder (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): VOEST-ALPINE INDUSTRIEANLAGEN-BAU GMBH & CO [AT/AT]; Turmstrasse 44, A-4031 Linz (AT).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (*nur für US*): HOHENBICHLER Gerald [AT/AT]; Mohnstrasse 3, A-4484 Kronstorf (AT).
- (74) Anwalt: VA TECH PATENTE GMBH & CO; Zusammenschluss 169, Stahlstrasse 21a, A-4031 Linz (AT).
- (81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTINUOUSLY PRODUCING A THIN STEEL STRIP

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR KONTINUIERLICHEN HERSTELLUNG EINES DÜNNEN STAHLBANDES



(57) Abstract: The invention relates to a method for continuously producing a thin steel strip during which a steel melt is fed from a melt reservoir to one or more, particularly two, cooled mold wall surfaces that move synchronously to a cast strip while rotating, in particular, in the form of casting rolls (4, 5), and the steel melt at least partially solidifies on the mold wall surface to form the cast strip (6). Said steel melt contains, as essential alloy constituents, less than 1 % by weight of Ni, less than 1 % by weight of Cr, less than 0.8 % by weight, in particular, less than 0.4 % by weight of C and less than 0.55 % by weight of Mn. Recesses are made in the mold wall surface according to a random pattern while being evenly distributed over the mold wall surface, and the roll separating force (RSF) on the mold wall surface is set to a value ranging from 5 to 150 N/mm, particularly ranging from 5 to 100 N/mm.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2004/035247 A1



DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung eines dünnen Stahlbandes, wobei eine Stahlschmelze aus einem Schmelzereservoir an eine oder mehrere, insbesondere zwei, sich synchron mit einem Gussband bewegende, insbesondere in Form von Giesswalzen 4, 5 rotierende und gekühlte, Formwandflächen aufgegeben wird und an der Formwandfläche zumindest teilweise zu dem Gussband 6 erstarrt, wobei die Stahlschmelze an wesentlichen Legierungsbestandteilen weniger als 1 Gew.-% Ni und weniger als 1 Gew.-% Cr und weniger als 0,8 Gew.-%, insbesondere weniger als 0,4 Gew.-%, C und zumindest 0,55 Gew.-% Mn enthält. Dabei werden auf der Formwandfläche nach einem zufälligen Muster - gleichmässig über die Formwandfläche verteilt - Vertiefungen angeordnet und wird die Rollentrennkraft (RSF) an der Formwandfläche auf einen Wert zwischen 5 und 150 N/mm, insbesondere 5 und 100 N/mm, eingestellt.

Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung eines dünnen Stahlbandes

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Anlage zur kontinuierlichen Herstellung eines dünnen Stahlbandes mit mindestens zwei Gießrollen und gegebenenfalls seitlich angeordneten Seitenplatten, wobei im Betrieb zwischen den Gießwalzen und den Seitenplatten ein Gießreservoir ausbildbar ist, aus welchem flüssige Stahlschmelze an die Gießrollen aufgebar ist.

Bei der Herstellung eines Stahlbandes aus einer Stahlschmelze mit mindestens folgenden Legierungsbestandteilen:

- weniger als 1 Gew.-% Ni
- weniger als 1 Gew.-% Cr
- weniger als 0,8 Gew.-% C, insbesondere weniger als 0,4 Gew.-% C
- zumindest 0,55 Gew.-% Mn

weist das erzeugte Gussband, insbesondere bei Anwendung des aus dem Stand der Technik bekannten Zweiwalzen-Gießverfahrens, vielfach Risse und Oberflächendefekte auf, wodurch die Qualität des erzeugten Stahlbandes deutlich gemindert wird.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung diese bekannten Nachteile des Standes der Technik zu vermeiden und ein Verfahren für die im Anspruchs 1 definierten Stahlqualitäten sowie eine Anlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 19 derart weiter zu entwickeln, dass eine wirtschaftlichere Erzeugung eines entsprechenden Stahlbandes verwirklichbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie mit einer Anlage mit den Merkmalen des Anspruchs 19 gelöst.

Als Gießrollen werden nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung die bei einem Zweiwalzen-Gießverfahren zur Anwendung gelangenden Gießwalzen bezeichnet. Darüber hinaus sind jedoch alle anderen aus dem Stand der Technik bekannten Formwandflächen definitionsgemäß durch den Begriff Gießrolle mit umfasst. Die Oberfläche einer Gießrolle wird nach dem Stand der Technik vorzugsweise durch eine spanende Bearbeitung, insbesondere durch Drehen und/oder Schleifen, fertigungstechnisch hergestellt. Bei der Produktion von Bändern mit den aus dem Stand der Technik bekannten Gießrollen, insbesondere nach dem

Zweiwalzen-Gießverfahren, sowie bei im Stand der Technik üblichen RSF-Werten zwischen 100 N/mm und 250 N/mm (roll separating force), sind an den produzierten Bändern neben deutlichen Rissen, auch sehr starke Temperaturunterschiede über die Bandbreite und die Bandlänge nachweisbar, die auf starke Kraftschwankungen und ungleichmäßige Erstarrungen schließen lassen.

Beim direkten Gießen von nicht rostfreiem (Cr- bzw. Ni-Gehalt von jeweils unter 1 %) flüssigem Stahl in dünne Bänder zwischen 1 und 10 mm Dicke wird bei Anwendung der aus dem Stand der Technik bekannten Verfahrensparameter somit ein Stahlband unzureichender Qualität erzeugt. Besonders kritisch sind dabei vielfach am Band auftretende Mikrorisse.

Durch die Verfahrensweise nach der vorliegenden Erfindung ist erstmals bei der genannten Zusammensetzung der Stahlschmelze ein rissfreies Band mit gutem Bandprofil, insbesondere guter Bandwölbung, herstellbar. Weiters ist eine, gegenüber dem Stand der Technik, homogener Bandtemperatur über die Breite des Bandes bereits knapp unterhalb der Kokille bzw. der Gießrollen, insbesondere innerhalb einer Bandbreite von +/- 25 K, verwirklichbar. Das nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugte Band besitzt im Allgemeinen keine thermischen Diagonalstreifen und zeichnet sich durch eine gute Qualität der Bandkanten aus.

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung sind zwei Gießrollen zum Betrieb eines Zweiwalzen-Gießverfahrens vorgesehen, wobei an den Oberflächen beider Gießrollen nach einem zufälligen Muster gleichmäßig über die Gießrollenoberfläche verteilte Vertiefungen angeordnet werden.

Nach einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die Oberflächenstruktur der verwendeten Gießrolle durch im Wesentlichen gleichmäßig verteilte Vertiefungen gekennzeichnet. Nach einer besonderen Ausführungsform handelt es sich bei diesen Vertiefungen um, beispielsweise mechanisch erzeugte, Einkerbungen und/oder Einbuchtungen in die Oberfläche der Gießrolle, wobei zwischen dem Rand, insbesondere dem Grat, und dem tiefsten Punkt einer Vertiefung ein Höhenabstand von 3 bis 80 Mikrometer, insbesondere von 20 bis 40 Mikrometer, eingestellt wird.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden auf der Gießrollenoberfläche nach einem zufälligen Muster – gleichmäßig über die Gießrollenoberfläche verteilt – zwischen 1 und 20 Vertiefungen pro mm² der Gießrollenoberfläche angeordnet.

Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme kann, wie sich in Versuchen gezeigt hat, eine qualitativ besonders hochwertige Oberfläche des Stahlbandes erzeugt werden.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Si-Gehalt der Stahlschmelze auf weniger als 0,35 Gew.-% Si eingestellt.

Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme kann, wie sich in Versuchen gezeigt hat, ein Stahlband mit besonders hochwertigen mechanischen Eigenschaften, insbesondere mit verbesserter Zähigkeit, erzeugt werden.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das zumindest teilweise erstarrte Gussband mit einer Geschwindigkeit von mehr als 30 m/min von den Gießrollen abgezogen.

In der Praxis hat sich herausgestellt, dass durch diese erfindungsgemäße Maßnahme eine besonders hochwertige Oberflächengüte - bei gleichzeitig gesteigerter Wirtschaftlichkeit des Verfahrens - realisierbar ist. Bei geringeren Geschwindigkeiten werden mit zunehmender Häufigkeit Überrinnungen und Runzelbildungen der Bandoberfläche beobachtet (häufig verbunden mit Oberflächenrissen).

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die mittlere Rauigkeit der Oberfläche zumindest einer der Gießrollen auf mehr als 3 µm eingestellt, wobei die stochastische Verteilung der Vertiefungen durch eine mechanische Bearbeitung der Gießrollenoberfläche, insbesondere durch Kugelstrahlen, erfolgt.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die mechanische Bearbeitung der Gießrollenoberfläche durch Kugelstrahlen mit Kugeln mit einem Zieldurchmesser D im Bereich von 0,5 mm bis 2,2 mm erfolgt, wobei während der Kugelstrahlung im kugelgestrahlten Bereich der Oberfläche der Gießrolle 1 bis 250 Kugeln pro mm² Oberfläche auftreffen.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weichen die zur Kugelstrahlung verwendeten Kugeln höchstens mit einer maximalen Standardabweichung von 30 % von dem genannten Zieldurchmesser D ab.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Flüssigstahl-Meniskus (=Gießspiegel) in einem Winkel zwischen 30° und 50° vom geometrischen kissing-point eingerichtet, d.h. die von der Gießrollenachse einerseits horizontal zum geometrischen kissing-point und andererseits zum Meniskus hinlaufenden Radiusstrahlen schließen einen Stahlbad-Kontaktwinkel von 30°-50° ein.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Schmelzreservoir durch die beiden Gießrollen sowie durch geeignete Seitenplatten seitlich begrenzt und durch eine geeignete Abdeckung nach oben hin zumindest teilweise abgedeckt und gegenüber dem Eintritt von verfahrensfremden Medien, insbesondere staubhaltiger Luft und/oder oxidierenden Gasen, weitgehend geschützt.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Schmelzreservoir einer im wesentlichen inerten Atmosphäre ausgesetzt, wobei das zugeführte Inertgas zu 0 - 100 Vol.-% aus N₂ und dem Rest aus Argon oder einem anderen idealen Gas oder CO₂ gebildet wird.

Nach einer besonderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens weist das zugeführte Inertgas bis zu 7 % H₂ auf.

Nach einer besonderen Ausführungsform wird der Raum zwischen dem Schmelzreservoir und der oberen Abdeckung zumindest teilweise durch ein im Wesentlichen gegenüber der Stahlschmelze sich inert verhaltendes Gas gefüllt bzw. gespült.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die verwendete inerte Atmosphäre zur Beaufschlagung des Schmelzreservoirs hinsichtlich ihres Gehaltes an Sauerstoff auf einen maximalen Gehalt von 0,05 Vol.-% O₂ beschränkt.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden an einer Messstrecke am Gießrollenausgang die Bandwölbung des Gussbandes sowie der Kantenabfall bestimmt.

Die Bandwölbung sowie der Kantenabfall sind gemäß DIN-Norm definiert.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Gießrollen derart kalt vorprofiliert, dass bei dem Stahlband am Kokillenausgang

- eine Bandwölbung zwischen 20 µm und 150 µm und
- der Kantenabfall der Banddicke zwischen Bandkante und 40 mm Abstand von der Bandkante auf einen Wert von weniger als 150 µm

eingestellt wird.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird während des Gießens durch einen oder mehrere geeignete an den Gießrollen angeordneten Akuatoren das Warmprofil der Gießrollen, in Abhängigkeit einer oder mehrerer der folgenden Gießparameter:

- Gaszusammensetzung
- Banddicke
- anfallende Erstarrungswärme
- Gießgeschwindigkeit
- Meniskus-Winkel

derart eingestellt, dass bei dem Stahlband am Kokillenausgang

- eine Bandwölbung zwischen 20 µm und 150 µm und
- der Kantenabfall der Banddicke zwischen Bandkante und 40mm Abstand von der Bandkante auf einen Wert von weniger als 150 µm

erreicht wird.

In Versuchen hat sich gezeigt, dass durch diese erfindungsgemäße Maßnahme, sowie unter weiterer Berücksichtigung der Rollentrennkraft RSF, ein über die Bandbreite des Gussbandes, insbesondere auch im Bereich der Bandkanten, ausreichend gleichmäßiger Erstarrungsgrad erreicht werden, und somit die Effizienz des vorgestellten erfindungsgemäßen Verfahrens weiter gesteigert werden kann.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei dem Gussband eine Bandwölbung zwischen 30 µm und 90 µm und ein Kantenabfall von weniger als 100 µm eingestellt.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Rauigkeit der Gießwalzenoberfläche bei zumindest einer der Gießwalzen in einem Kantenbereich der Gießrolle von 3 - 30 mm sehr glatt, insbesondere mit einer mittleren Rauigkeit von höchstens 2 µm, eingestellt.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Gießrollentrennkraft mit einer Genauigkeit von wenigstens $\pm 15\text{N/mm}$ hinsichtlich eines Gießrollentrennkraftzielwertes geregelt und/oder gesteuert.

Eine bevorzugte Anwendung des Verfahrens ist bei Stahlqualitäten gegeben, bei denen die Stahlschmelze folgende Zusammensetzung aufweist:

- weniger als 1 Gew.-% Ni
- weniger als 1 Gew.-% Cr
- weniger als 0,8 Gew.-% C, insbesondere weniger als 0,4 Gew.-% C
- zumindest 0,55 Gew.-% Mn
- Rest Fe und herstellungsbedingte Verunreinigungen.

Die Erfindung ist weiters durch eine Anlage gemäß Anspruch 19 gekennzeichnet.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage sind an der Gießrollenoberfläche 1 bis 20 Vertiefungen pro mm² vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist als Gießrollenoberfläche eine durch Kugelstrahlung, insbesondere eine mit Kugeln mit einem Durchmesser zwischen 0,5 mm bis 2,2 mm und einer Streuung der Durchmesser der Kugeln von weniger als 30 % (bezogen auf einen in besagtem Durchmesserintervall befindlichen Zieldurchmesser D), vorzugsweise mit 1 bis 250 Kugeln pro mm² gestrahlte, hergestellte Oberflächenstruktur vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist oberhalb der beiden Gießrollen eine Abdeckung vorgesehen, durch welche das Schmelzreservoir abdeckbar ist.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine geeignete Einrichtung vorgesehen, durch welche im Bereich des Schmelzreservoirs, oberhalb der Stahlschmelze, insbesondere im Raum zwischen der Stahlschmelze und der Abdeckung, eine sich im wesentlichen gegenüber der Stahlschmelze inert verhaltende Gasatmosphäre einstellbar ist.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Messstrecke zur Ermittlung der Bandwölbung des Gussbandes und/oder des Kantenabfalls der Banddicke zwischen der Bandkante und 40 mm Abstand von der Bandkante vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist zumindest eine der Gießrollen kalt vorprofiliert.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist an zumindest einer der Gießrollen zumindest ein Aktuator vorgesehen, durch welchen das Warmprofil der Gießwalze entsprechend einer oder mehrerer der folgenden Gießparameter

- Gaszusammensetzung
- Banddicke
- Anfallende Erstarrungswärme
- Gießgeschwindigkeit
- Meniskus-Winkel

einstellbar ist.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Regeleinrichtung vorgesehen, durch welche das Warmprofil und/oder Kaltprofil zumindest einer der Gießrollen in Abhängigkeit von der gemessenen Bandwölbung sowie dem gemessenen Kantenabfall der Banddicke zwischen der Bandkante und 40 mm Abstand von der Bandkante einstellbar ist.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage weist zumindest eine der Gießrollen in einem Kantenbereich von 3 bis 30 mm eine mittlere Rauigkeit von höchstens 2 µm auf.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Einrichtung zur Regelung der Gießrollentrennkraft mit einer Genauigkeit von zumindest ± 15 N/mm vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage sind die Gießrollen zu einander anstellbar angeordnet. Nach einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage sind einerseits eine Einrichtung zur Messung der Anstellkraft sowie andererseits eine Einrichtung zur Regelung der Anstellung der Gießrollen in Abhängigkeit von den gemessenen Kräften vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine geeignete Einrichtung vorgesehen, durch welche die Bombierung zumindest einer der Gießrollen während des Betriebes der Anlage veränderbar ist.

Nach einer weiteren besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine geeignete Einrichtung vorgesehen, durch welche die Warmform des Kantenbereichs zumindest einer der Gießrollen während des Betriebes der Anlage veränderbar ist.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage sind eine geeignete Einrichtung zur Messung des Meniskuswinkels sowie gegebenenfalls eine geeignete Einrichtung zur Regelung und/oder Steuerung des Meniskuswinkels vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Einrichtung zur Messung des Bandprofiles vorgesehen.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage besteht zumindest eine der Gießrollen im Wesentlichen aus einem gut wärmeleitenden Material, insbesondere aus Kupfer oder einer Kupferlegierung. Nach einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage weist zumindest eine der Anlagen eine im Inneren angeordnete Kühlleinrichtung auf.

Nach einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage weist zumindest eine der Gießrollen außen eine Chrom-Beschichtung mit einer minimalen Schichtdicke von 10 µm auf. Nach einer weiteren besonderen Ausführungsform ist unterhalb der Chrom-Beschichtung eine zumindest 0,5 mm dicke Zwischenschicht, insbesondere eine aus Nickel und/oder einer Ni-Legierung hergestellte Zwischenschicht, vorgesehen.

Nach einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Einrichtung zur Geschwindigkeitsmessung zumindest einer Gießrolle vorgesehen und ist über einen Regelkreis, der einige der wesentlichen anderen Gießparameter, wie beispielsweise die aktuelle Rollentrennkraft und/oder den aktuellen Meniskuswinkel berücksichtigt, ein Geschwindigkeits-Sollwert an die Gießrollenantriebe übermittelbar, um die ermittelte Sollgeschwindigkeit einzustellen.

Nach einer besonderen Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage ist eine Einrichtung zur Drosselung und Regelung der Flüssigstahlzufuhr vorgesehen, sodass der gewünschte Soll-Meniskuswinkel einstellbar, bzw. mittels eines geeigneten Regelkreis, der zumindest den Istwert des Meniskuswinkel berücksichtigt, regelbar ist.

Beim direkten Gießen von nicht rostfreiem (Cr- bzw. Ni-Gehalt von jeweils unter 1 %) flüssigem Stahl, mit einem C-Gehalt von unter 0,45 % C, insbesondere unterhalb von 0,1% C, in dünne Bänder zwischen 1 und 10 mm Dicke nach dem Zweiwalzen-Gießverfahren konnte bei den aus dem Stand der Technik bekannten Oberflächentopologien und Kaltprofilen der Gießwalzen und

bei, aus dem Stand der Technik üblichem, Inertisier-Gasmisch (in der Kokille) sowie entsprechend der bekannten Güte AISI 304 gewählten Rollentrennkräften, weder ein mikrorissfreies Band noch ein stabiler kontinuierlicher, ununterbrochener Gleßprozeß mit Temperaturhomogenität über die Breite von besser als +/- 30 K (gemessen ca. 1 - 2 m unterhalb des geometrischen Kissing Points) erreicht werden. Bei Gleßgeschwindigkeiten oberhalb von 30 m/min, insbesondere oberhalb von 50 m/min, wurden einerseits an der Temperaturprofil-Messstelle unterhalb der Kokille dunkle, schräge Querstreifen gesichtet sowie andererseits erhebliche Bandkantenblutungen und auftretende Schwabenschwanzkanten beobachtet.

Nach einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein nichtrostender Stahl mit einem C-Gehalt bis zu 0,5 % bei Gleßgeschwindigkeiten von über 30 m/min, insbesondere von über 50 m/min, unter Verwendung einer oder mehrerer der folgenden Parameter vergossen:

- Stabile Gleßwalzen-Oberflächentopologie erreicht durch Kugelstrahlen mit Stahlkugeln eines bestimmten Durchmessers mit Genauigkeit d+/-30%, wobei d zw. 0,5 und 2,2 mm liegt. Bei dem Kugelstrahlprozess sollten 1 bis 250 Kugeln auf einen mm² Gleßwalzenoberfläche auftreffen
- Der Gleßumpf zwischen den beiden Gleßwalzen wird oberhalb durch eine Kokillenabdeckung abgedeckt, wobei zur Inertisierung der Atmosphäre oberhalb des Gleßspiegels ein Gas folgender Zusammensetzung verwendet wird: 0 - 100 % N₂; Rest Ar oder anderes idealen Gas bzw. CO₂; bis zu 7% H₂ sowie minimale Vereinigungen, wie in technischen Gasen kaum zu vermeiden, erlaubt (jedenfalls weniger als 0,05 % O₂)
- Gleß- bzw. Rollentrennkräfte zwischen 5 und 100 kN je Meter Bandbreite
- Bandwölbung (definiert gemäß Warmband DIN-Norm) zwischen 20 und 120 µm, vorzugsweise zw. 30 und 90 µm;

Entsprechend weiterer bevorzugter Ausführungsformen weist der vergossene Stahl folgende Zusammensetzung auf:

- C-Gehalt kleiner als 0,1 % und/oder Mn-Gehalt zwischen 0,5 und 1,5 % und/oder Si-Gehalt zwischen 0,01 und 0,35 %

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weisen die verwendeten Gießrollen eine mittlere Rautiefe von $R_a > 3 \mu\text{m}$, vorzugsweise von $R_a > 6 \mu\text{m}$, auf.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung weist zumindest eine der verwendeten Gießwalzen eine Chrombeschichtung mit einer Schichtdicke von zumindest $10 \mu\text{m}$ und/oder eine, gegebenenfalls unter der Chrombeschichtung liegende, Nickelbeschichtung mit einer Schichtdicke von zumindest $0,5 \text{ mm}$ Dicke auf. Der Mantel der Gießwalze ist dabei nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform aus Kupfer gefertigt, der gegebenenfalls als Basis allfälliger Beschichtungen der Walze dient.

Nach einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahren weist die Gießwalze in einem Randbereich von $3 - 30 \text{ mm}$ keine nennenswerte Rauheit auf ($R_a \leq 2,0 \mu\text{m}$).

Nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung wird bei der kontinuierlichen Bandherstellung in einer Zweiwalzengießvorrichtung flüssiger Stahl zwischen zwei gegensinnig rotierende horizontal angeordnete Gießwalzen, die über eine geeignete, insbesondere in den Walzen angeordnete, Kühlvorrichtung, insbesondere über eine Wasserkühlung, verfügen, aufgegeben. Das flüssige Metall bildet rasch bei Kontakt mit den gekühlten Gießwalzen eine erstarrte Schale, wobei die erstarrten Schalen am Ort des geometrischen „kissing-points“ zwischen den Gießflächen (= Ort des geringsten Abstandes der Gießflächen zu einander) unter Auftreten geringer Rollentrennkräfte zumindest teilweise miteinander verpresst werden. Der erstarrte Strang bzw. das erstarrte Band wird unterhalb des kissing-points abgezogen.

Das flüssige Metall kann nach verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung aus einer Pfanne in ein kleineres Gefäß gegossen werden, von welchem es über ein geeignetes Gießrohr in die Bandgießanlage bzw. in den Raum oberhalb des kissing-points zwischen den beiden Gießwalzen eingegossen wird. Das eingegossenen Metall bildet nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung oberhalb des kissing-points ein Schmelzereservoir, welches einerseits von den Flächen der Gießwalze und andererseits von geeigneten Seitenplatten oder sonstige geeignete Einrichtungen, beispielsweise geeignete elektromagnetische Einrichtungen, begrenzt wird. Die Seitenplatten sind nach einer bevorzugten Ausführungsform beweglich ausgeführt.

Die Erfindung ist entsprechend einer besonderen Ausführungsform nachfolgend anhand mehrerer schematischer Zeichnungen in nicht einschränkender Weise dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur erfindungsgemäßen Erzeugung eines dünnen Stahlbandes

Fig. 2 ein Detail einer Vorrichtung sowie eines Verfahrens zur erfindungsgemäßen Erzeugung eines dünnen Stahlbandes

Die nach Fig. 1 dargestellte Gieß- und Walz-Vorrichtung zeigt eine Bandgießanlage 1 bestehend aus einer Gießpfanne 2 mit einem Gießrohr 3 sowie zwei gegensinnig rotierenden Gießwalzen 4, 5. Das Gussband 6 wird über eine Abkühlstrecke 7 zu einem Walzgerüst 8 befördert. In dem Walzgerüst 8 erfährt das Metallband eine Dickenreduktion von zumindest 10 %. Das solcherart gewalzte Band wird durch eine Warmhalte- und/oder Aufheizeinrichtung 9 befördert und an einer Haspelanlage 10 gehaspelt. Das gehaspelte Band wird nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung in einer entsprechenden Wärmebehandlungsanlage wärmebehandelt (nicht dargestellt).

Aus Fig. 2 ist die Definition des Meniskuswinkels α ersichtlich. Der Meniskuswinkel α wird anhand eines Normalschnittes (Ebene normal auf die Mittellinie der Gießrolle) zwischen der Verbindung

- des Punktes der Berührung des Gießspiegels mit dem äußeren Umfang der Gießrolle mit dem
- Mittelpunkt der Gießrolle

und der Verbindung

- des Mittelpunktes der Gießrolle mit dem
- Mittelpunkt der weiteren Gießrolle

bestimmt. Eine Messung des Meniskuswinkels erfolgt nach einer besonderen Ausführungsform der Erfindung beispielsweise über eine Bestimmung der Höhe des Gießspiegels.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur kontinuierlichen Herstellung eines dünnen Stahlbandes, wobei eine Stahlschmelze aus einem Schmelzereservoir zwischen zumindest zwei, sich, insbesondere synchron, mit einem Gußband bewegende, vorzugsweise rotierende, und gekühlte Gießrollen aufgegeben wird und an den Gießrollen zumindest teilweise zu dem Gußband erstarrt, wobei die Stahlschmelze zumindest folgende Legierungsbestandteile aufweist:
 - weniger als 1 Gew.-% Ni
 - weniger als 1 Gew.-% Cr
 - weniger als 0,8 Gew.-% C, insbesondere weniger als 0,4 Gew.-% C
 - zumindest 0,55 Gew.-% Mnund auf der Oberfläche zumindest einer der Gießrollen nach einem zufälligen Muster - gleichmäßig über die Gießrollenoberfläche verteilt - Vertiefungen angeordnet werden und die Gießrollentrennkraft (roll-separating-force) an den Gießrollen auf einen Wert zwischen 5 und 150 N/mm, insbesondere 5 und 100 N/mm, eingestellt und/oder geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der Gießrollenoberfläche nach einem zufälligen Muster – gleichmäßig über die Gießrollenoberfläche verteilt – zwischen 1 und 20 Vertiefungen pro mm² der Gießrollenoberfläche angeordnet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Si-Gehalt der Stahlschmelze auf weniger als 0,35 Gew.-% Si eingestellt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das zumindest teilweise erstarrte Gußband mit einer Geschwindigkeit von mehr als 30 m/min von den Gießrollen abgezogen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mittlere Rauigkeit der Oberfläche zumindest einer der Gießrollen auf mehr als 3 µm eingestellt wird, wobei die stochastische Verteilung der Vertiefungen durch eine mechanische Bearbeitung der Gießrollenoberfläche, insbesondere durch Kugelstrahlen, erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die mechanische Bearbeitung der Gießrollenoberfläche durch Kugelstrahlen mit Kugeln mit einem Zieldurchmesser D im

Bereich von 0,5 mm bis 2,2 mm erfolgt, wobei während der Kugelstrahlung im kugelgestrahlten Bereich der Oberfläche der Gießrolle 1 bis 250 Kugeln pro mm² Oberfläche auftreffen.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die zur Kugelstrahlung verwendeten Kugeln von dem Zieldurchmesser D mit einer maximalen Standardabweichung von 30 % abweichen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Meniskus in einem Winkel zwischen 30° und 50° vom geometrischen kissing-point eingerichtet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Schmelzreservoir durch die beiden Gießrollen sowie durch geeignete Seitenplatten seitlich begrenzt und durch eine geeignete Abdeckung nach oben hin zum mindest teilweise abgedeckt und gegenüber dem Eintritt von verfahrensfremden Medien weitgehend geschützt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet; dass das Schmelzreservoir einer im wesentlichen inerten Atmosphäre ausgesetzt wird, wobei das zugeführte Inertgas zu 0 - 100 Vol.-% aus N₂ und dem Rest aus Argon oder einem anderen idealen Gas oder CO₂ und optional aus bis zu 7 % H₂ besteht.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die inerte Atmosphäre hinsichtlich ihres Gehaltes an Sauerstoff im stationären Gießbetrieb auf einen maximalen Gehalt von 0,05 Vol.-% O₂ beschränkt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass an einer Messstrecke am Gießrollenausgang die Bandwölbung des Gussbandes sowie der Kantenabfall bestimmt werden.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Gießrollen derart kalt vorprofiliert werden, dass bei dem Stahlband am Kokillenausgang
 - eine Bandwölbung zwischen 20 µm und 150 µm und
 - der Kantenabfall der Banddicke zwischen Bandkante und 40mm Abstand von der Bandkante auf einen Wert von weniger als 150 µm eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass während des Gießens durch einen oder mehrere geeignete Aktuatoren an den Gleßrollen das Warmprofil der Gleßrollen, in Abhängigkeit einer oder mehrerer der folgenden Gleßparameter:

- Gaszusammensetzung
- Banddicke
- anfallende Erstarrungswärme
- Gleßgeschwindigkeit
- Meniskus-Winkel

derart eingestellt wird, dass bei dem Stahlband am Kokillenausgang

- eine Bandwölbung zwischen 20 µm und 150 µm und
- der Kantenabfall der Banddicke zwischen Bandkante und 40mm Abstand von der Bandkante auf einen Wert von weniger als 150 µm

erreicht wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Gussband eine Bandwölbung zwischen 30 µm und 90 µm und weniger als 100 µm Kantenabfall erreicht wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Rauigkeit der Gleßwalzenoberfläche bei zumindest einer der Gleßwalzen in einem Kantenbereich der Gleßrolle von 3 - 30 mm sehr glatt, mit einer mittleren arithmetischen Rautiefe von höchstens 2 µm, einstellt wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleßrollentrennkraft mit einer Genauigkeit von zumindest $\pm 15\text{N/mm}$ geregelt oder gesteuert wird.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Stahlschmelze folgende Zusammensetzung aufweist:

- weniger als 1 Gew.-% Ni
 - weniger als 1 Gew.-% Cr
 - weniger als 0,8 Gew.-% C, insbesondere weniger als 0,4 Gew.-% C
 - zumindest 0,55 Gew.-% Mn
 - Rest Fe und herstellungsbedingte Verunreinigungen.
19. Anlage zur kontinuierlichen Herstellung eines dünnen Stahlbandes mit mindestens zwei rotier- und kühlbaren Gießrollen (4,5) und gegebenenfalls seitlich angeordneten Seitenplatten, wobei im Betrieb zwischen den Gießrollen und den Seitenplatten ein Gießreservoir ausbildbar ist, aus welchem flüssige Stahlschmelze an die Gießrollen aufgebar ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Gießrollenoberfläche nach einem zufälligen Muster - gleichmäßig über die Gießrollenoberfläche verteilt – angeordnete Vertiefungen aufweist und die Anlage eine geeignete Einrichtung zur Einstellung, insbesondere Regelung, der Gießrollentrennkräfte auf einen Wert im Bereich von 5 und 150 N/mm, insbesondere 5 und 100 N/mm, aufweist.
20. Anlage nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass an der Gießrollenoberfläche 1 bis 20 Vertiefungen pro mm² ausgeführt sind.
21. Anlage nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass als Gießrollenoberfläche eine durch Kugelstrahlung, insbesondere eine mit Kugeln mit einem Durchmesser zwischen 0,5 mm bis 2,2 mm und einer Streuung der Durchmesser der Kugeln von weniger als 30 % bezogen auf einen Zieldurchmesser D, vorzugsweise mit 1 bis 250 Kugeln pro mm² gestrahlte, hergestellte Oberflächenstruktur vorgesehen ist.
22. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass oberhalb der beiden Gießrollen eine Abdeckung vorgesehen ist, durch welche das Schmelzreservoir abdeckbar ist.
23. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass eine geeignete Einrichtung vorgesehen ist, durch welche im Bereich des Schmelzreservoirs, oberhalb der Stahlschmelze, insbesondere im Raum zwischen der Stahlschmelze und der Abdeckung, eine sich gegenüber der Stahlschmelze im Wesentlichen inert und/oder reduzierend verhaltende Gasatmosphäre einstellbar ist.

24. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine Messstrecke zur Ermittlung der Bandwölbung des Gussbandes und/oder des Kantenabfalls der Banddicke zwischen der Bandkante und 40 mm Abstand von der Bandkante vorgesehen ist.

25. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Gießrollen kalt vorprofiliert ist.

26. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass an zumindest einer der Gießrollen zumindest ein Aktuator vorgesehen ist, durch welchen das Warmprofil der Gießwalze entsprechend einer oder mehrerer der folgenden Gießparameter

- Gaszusammensetzung
- Banddicke
- Anfallende Erstarrungswärme
- Gießgeschwindigkeit
- Meniskus-Winkel

einstellbar ist.

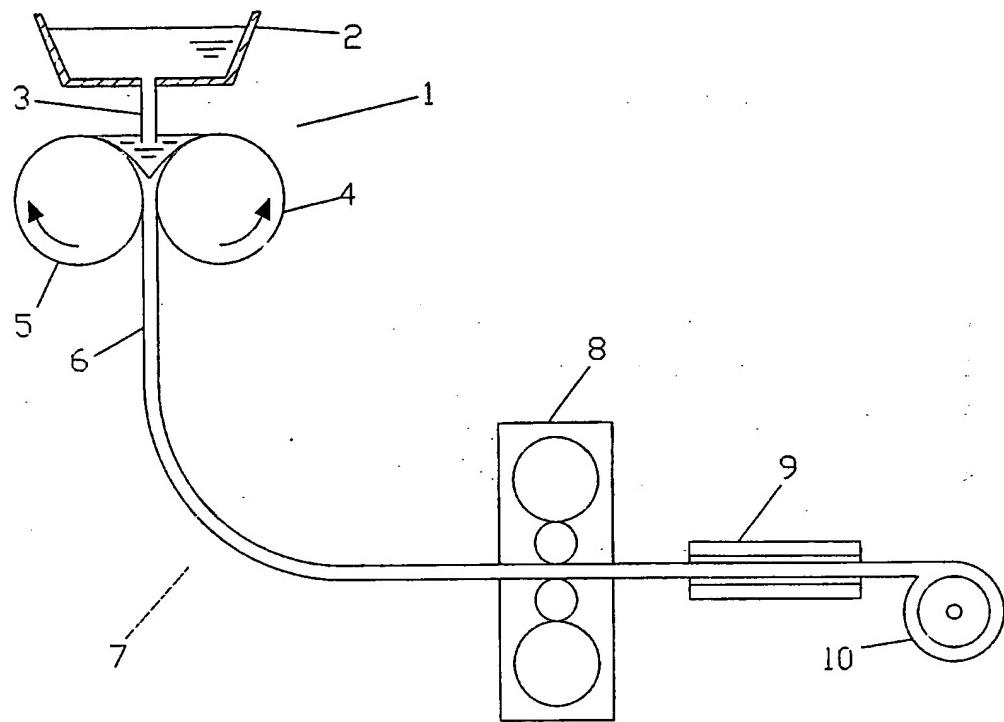
27. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine Regeleinrichtung vorgesehen ist, durch welche das Warmprofil zumindest einer der Gießrollen in Abhängigkeit von der gemessenen Bandwölbung sowie dem gemessenen Kantenabfall der Banddicke zwischen der Bandkante und 40 mm Abstand von der Bandkante einstellbar ist.

28. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Gießrollen in einem Kantenbereich von 3 bis 30 mm eine mittlere Rauigkeit von höchstens 2 µm aufweist.

29. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Regelung der Gießrollentrennkraft mit einer Genauigkeit von zumindest ± 15 N/mm vorgesehen ist.

30. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Gießrollen zu einander anstellbar angeordnet sind und einerseits eine Einrichtung zur Messung der Anstellkraft sowie andererseits eine Einrichtung zur Regelung der Anstellung der Gießrollen in Abhängigkeit von den gemessenen Kräften vorgesehen sind.
31. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass eine geeignete Einrichtung vorgesehen ist, durch welche die Bombierung zumindest einer der Gießrollen während des Betriebes der Anlage veränderbar ist.
32. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 30, dadurch gekennzeichnet, dass eine geeignete Einrichtung vorgesehen ist, durch welche die Warmform des Kantenbereichs zumindest einer der Gießrollen während des Betriebes der Anlage veränderbar ist.
33. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass eine geeignete Einrichtung zur Messung sowie eine geeignete Einrichtung zur Regelung und/oder Steuerung des Meniskuswinkel vorgesehen ist.
34. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Messung des Bandprofils vorgesehen ist.
35. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 34, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Gießrollen im wesentlichen aus einem gut wärmeleitenden Material, insbesondere aus Kupfer oder einer Kupferlegierung, besteht, und eine im Inneren angeordnete Kühlseinrichtung aufweist.
36. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine der Gießrollen außen eine Chrom-Beschichtung mit einer minimalen Schichtdicke von 30 µm aufweist, und gegebenenfalls unterhalb der Chrom-Beschichtung eine zumindest 0,5 mm dicke Zwischenschicht, insbesondere eine aus Nickel und/oder einer Ni-Legierung hergestellte Zwischenschicht, vorgesehen ist.
37. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Geschwindigkeitsmessung zumindest einer Gießrolle vorgesehen und über einen Regelkreis, der einige der wesentlichen anderen Gießparameter, wie beispielsweise die aktuelle Rollentrennkraft und/oder den aktuellen Meniskuswinkel berücksichtigt, ein Geschwindigkeits-Sollwert an die Gießrollenantriebe übermittelbar ist, um die ermittelte Sollgeschwindigkeit einzustellen.

38. Anlage nach einem der Ansprüche 19 bis 37, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einrichtung zur Drosselung und Regelung der Flüssigstahlzufuhr vorhanden ist, sodass der gewünschte Soll-Meniskuswinkel einstellbar, bzw. mittels eines geeigneten Regelkreis, der zumindest den Istwert des Meniskuswinkel berücksichtigt, regelbar ist.

Fig. 1Fig. 2